

PROPONENTE SIG PROJECT ITALY 1 S.r.l. Via Borgogna 8, 20122 Milano p.iva e cod. fiscale 11503980960 email: info@suninvestmentgroup.com pec: sigproject@legalmail.it		COD. ELABORATO FVCN.RE.02
ELABORAZIONI BLE ENGINEERING S.r.l. Sede legale: Viale Cappiello 50, 81100 - Caserta P.IVA 04659450615		PAGINE /

PROGETTO DEFINITIVO

"PROGETTO DI IMPIANTO FOTOVOLTAICO, INTEGRATO CON AGRICOLTURA, DENOMINATO "CANCELLO ED ARNONE 2", DELLA POTENZA NOMINALE DI 33,74 MW, E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI CANCELLO ED ARNONE (CE) E DI MONDRAGONE (CE)"

2022.I.G.CAM.004

OGGETTO CAMPO FOTOVOLTAICO ED OPERE DI CONNESSIONE	TITOLO ELABORATO RELAZIONE ELETTRICA
---	---

PROGETTAZIONE

BLE ENGINEERING S.r.l.

ING. GIOVANNI CAROZZA
Sede legale: Viale Cappiello 50, 81100 - Caserta
P.IVA 04659450615

BLE Engineering srl
Viale Cappiello 50
81100 CASERTA (CE)
P. IVA 04659450615

SIG PROJECT ITALY 1 SRL
Largo degli Orizzonti 19/15
35020 Albignasego (PD)
P.I. 11503980960



S.T.E. Studio Tecnico ing. Esposito
Progettazione e Consulenza
Viale Kennedy, 11 - 81040 CURTI (CE)

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Ing. Giuseppe Esposito
dott. Antonella Pellegrino
Ing. Giuseppe Nasto
Ing. Antonio Cotena
Ing. Salvatore D'Aiello
Ing. Giovanni Scarciglia

Nome documento	Revisione nr.	Del
FVCN.RE.02_RELAZIONE ELETTRICA	0	Dicembre 2022

Disegni, calcoli, specifiche e tutte le altre informazioni contenute nel presente documento sono di proprietà della BLE S.r.l. Al ricevimento di questo documento la stessa diffida pertanto di riprodurlo, in tutto o in parte, e di rivelarne il contenuto in assenza di esplicita autorizzazione

Sommario

1.	PREMESSA.....	2
1.	GENERALITA' SULLA TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA.....	2
2.	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	3
2.1	Moduli fotovoltaici.....	3
2.2	Qualifica del progetto e omologazione del tipo;.....	3
2.3	Altri componenti degli impianti fotovoltaici.....	3
2.4	Progettazione fotovoltaica.....	4
2.5	Impianti elettrici e fotovoltaici.....	4
2.6	Connessione degli impianti fotovoltaici alla rete elettrica.....	5
3.	DESCRIZIONE DEL SITO.....	5
4.	DESCRIZIONE DEL PROGETTO.....	9
5.	GENERATORE FOTOVOLTAICO.....	9
6.	MODULO FOTOVOLTAICO.....	12
7.	COLLEGAMENTO DELLE STRINGHE.....	14
8.	GRUPPI DI CONVERSIONE / INVERTER.....	14
9.	CABINA DI PARALLELO.....	15
10.	CONTROL ROOM.....	16
11.	DESCRIZIONE DELLE LINEE ELETTRICHE E DEI CAVIDOTTI.....	16
11.1	CAVI ELETTRICI IN CORRENTE CONTINUA.....	16
11.2	CAVI ELETTRICI IN ALTERNATA: MEDIA ED ALTA TENSIONE.....	16
11.3	TRACCIATI DI LINEA.....	17
12.	DISPOSITIVI DI SICUREZZA DELL'IMPIANTO.....	17
12.1	PROTEZIONE DA CORTO CIRCUITI SUL LATO C.C. DELL'IMPIANTO.....	17
12.2	PROTEZIONE DA CONTATTI ACCIDENTALI LATO C.C.....	18
12.3	PROTEZIONE CONTRO SCARICHE ATMOSFERICHE LATO C.C.....	18
12.4	PROTEZIONE SUL LATO C.A. DELL'IMPIANTO.....	18
12.5	PREVENZIONE FUNZIONAMENTO IN ISOLA.....	18
13.	IMPIANTO DI TERRA.....	19
13.1	GENERALITA'.....	19
13.2	CARATTERISTICHE.....	19
14.	IMPIANTO DI VIDEOSORVEGLIANZA.....	20
15.	IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE ESTERNA.....	20
	Allegati - Calcoli Elettrici.....	21

1. PREMESSA

Lo scopo della stesura del presente documento è quello di fornire agli Enti preposti un quadro descrittivo delle caratteristiche elettriche dell'impianto fotovoltaico in oggetto e della sua linea di collegamento. Il progetto dell'impianto comprende un cavidotto di connessione in MT (Media Tensione) con tensione nominale 30 kV, che partirà dalla Cabina di Media Tensione, indicata con Cabina Utente 1 sugli elaborati grafici di progetto. Tale Cabina Utente 1 è prevista sui terreni che fanno parte del campo FV. Il campo FV è previsto nel Comune di Canello Arnone (CE). Il cavidotto di connessione in MT a 30 kV parte dal campo FV e raggiunge la Stazione Elettrica di Trasformazione della RTN ubicata nel Comune di Canello Arnone (CE), dove avverrà la consegna finale in AT. L'impianto fotovoltaico in oggetto è del tipo ad inseguimento monoassiali, installato a terra e finalizzato alla produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile. L'impianto in progetto avrà una potenza nominale di 33,74 MW con potenza da 5,1 MW.

1. GENERALITA' SULLA TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA

Un impianto fotovoltaico è essenzialmente costituito da generatori fotovoltaici che trasformano direttamente ed istantaneamente, l'energia solare in energia elettrica. Si tratta del cosiddetto "effetto fotoelettrico", cioè la capacità che hanno alcuni semiconduttori opportunamente trattati, di generare elettricità se esposti alla radiazione luminosa. La quantità di energia che arriva sulla superficie Terrestre e che può essere sfruttata per produrre energia elettrica, dipende dall'irraggiamento del luogo. L'irraggiamento è la quantità di energia solare incidente su una superficie unitaria in un determinato intervallo di tempo, tipicamente un giorno (kWh/mq/giorno).

Il valore istantaneo della radiazione solare incidente sull'unità di superficie viene invece denominata radianza (kW/mq).

L'irraggiamento è influenzato dalle condizioni climatiche locali (nuvolosità, foschia, etc) e dipende dalla latitudine del luogo, cresce quanto più ci si avvicina all'equatore.

La cella fotovoltaica costituisce il dispositivo elementare alla base di ogni sistema fotovoltaico ed è costituita da un sottile strato di materiale semiconduttore, di solito silicio, compreso tra 0,2 e 0,3 mm. Più celle connesse in serie-parallelo al fine di ottenere la tensione di corrente desiderata, costituiscono un modulo fotovoltaico.

Più moduli collegati in serie formano un pannello. Più pannelli collegati in serie costituiscono una stringa. L'insieme delle stringhe fornisce la potenza del campo e costituiscono il generatore fotovoltaico.

La corrente continua prodotta dal generatore fotovoltaico è convertita in corrente alternata con l'ausilio del convertitore statico o inverter.

L'inverter adatta la tensione del generatore a quella di rete, esegue un inseguimento del punto di massima potenza MPPT (Maximum Power Point Tracker) e controlla la qualità della corrente alternata immessa in rete in termini di tensione e frequenza.

Il trasformatore (Power Station) installato all'uscita dell'inverter innalza il livello di tensione da BT a MT.

Si definisce BOS o "Balance Of System" l'insieme dei dispositivi che trovano la collocazione fisica in posizioni intermedie compresa fra i moduli FV e l'utenza finale e cioè:

- Struttura di sostegno dei moduli FV include le cornici ed eventuali fondazioni;
- Cavi DC, cavi AC, inverter, protezioni, trasformatori BT-MT, prefabbricati e relative fondazioni;
- Tutte le infrastrutture civili, meccaniche o elettriche installate nel sito.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

La normativa e le leggi di riferimento da rispettare per la progettazione e realizzazione degli impianti fotovoltaici sono:

2.1 Moduli fotovoltaici

- CEI EN 61215 (CEI 82-8): Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri.

2.2 Qualifica del progetto e omologazione del tipo;

- CEI EN 61646 (CEI 82-12): Moduli fotovoltaici (FV) a film sottile per usi terrestri - Qualifica del progetto e approvazione di tipo;
- CEI EN 62108 (CEI 82-30): Moduli e sistemi fotovoltaici a concentrazione (CPV) - Qualifica di progetto e approvazione di tipo;
- CEI EN 61730-1 (CEI 82-27) Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) - Parte 1: Prescrizioni per la costruzione;
- CEI EN 61730-2 (CEI 82-28) Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) - Parte 2: Prescrizioni per le prove;
- CEI EN 60904: Dispositivi fotovoltaici – Serie;
- CEI EN 50380 (CEI 82-22): Fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici;
- CEI EN 50521 (CEI 82-31) Connettori per sistemi fotovoltaici - Prescrizioni di sicurezza e prove;
- CEI UNI EN ISO/IEC 17025:2008 Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura

2.3 Altri componenti degli impianti fotovoltaici

- CEI EN 62093 (CEI 82-24): Componenti di sistemi fotovoltaici - moduli esclusi (BOS) – Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali;
- CEI EN 50524 (CEI 82-34) Fogli informativi e dati di targa dei convertitori fotovoltaici;
- CEI EN 50530 (CEI 82-35) Rendimento globale degli inverter per impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica;
- EN 62116 Test procedure of islanding prevention measures for utility-interconnected photovoltaic inverters;

2.4 Progettazione fotovoltaica

- CEI 82-25: Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione;
- CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;

2.5 Impianti elettrici e fotovoltaici

- CEI EN 61724 (CEI 82-15): Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici - Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati;
- EN 62446 (CEI 82-38) Grid connected photovoltaic systems - Minimum requirements for system documentation, commissioning tests and inspection.
- CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua;
- CEI EN 60445 (CEI 16-2): Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione - Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico;
- CEI EN 60529 (CEI 70-1): Gradi di protezione degli involucri (codice IP);
- CEI EN 60555-1(CEI 77-2): Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili - Parte 1: Definizioni;
- CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31): Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 3: Limiti - Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso ≤ 16 A per fase);
- CEI 13-4: Sistemi di misura dell'energia elettrica - Composizione, precisione e verifica;
- CEI EN 62053-21 (CEI 13-43): Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 21: Contatori statici di energia attiva (classe 1 e 2);
- CEI EN 62053-23 (CEI 13-45): Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 23: Contatori statici di energia reattiva (classe 2 e 3);
- CEI EN 50470-1 (CEI 13-52) Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 1: Prescrizioni generali, prove e condizioni di prova - Apparat di misura (indici di classe A, B e C)
- CEI EN 50470-3 (CEI 13-54) Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 3: Prescrizioni particolari - Contatori statici per energia attiva (indici di classe A, B e C);
- CEI EN 62305 (CEI 81-10): Protezione contro i fulmini, serie;
- CEI 81-3: Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato;
- CEI EN 60099-1 (CEI 37-1): Scaricatori - Parte 1: Scaricatori a resistori non lineari con spinterometri per sistemi a corrente alternata;
- CEI EN 60439 (CEI 17-13): Apparecchiature assiemate di protezione e tensione (quadri BT), serie; di manovra per bassa

- CEI 20-19: Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V;
- CEI 20-20: Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V;
- CEI 20-91 Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1 000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici.

2.6 Connessione degli impianti fotovoltaici alla rete elettrica

- CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- CEI 0-21: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- CEI EN 50438 (CEI 311-1) Prescrizioni per la connessione di micro-generatori in parallelo alle reti di distribuzione pubblica in bassa tensione.

Per la connessione degli impianti fotovoltaici alla rete elettrica si applica quanto prescritto nella deliberazione n. 99/08 (Testi integrato delle connessioni attive) dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas e successive modificazioni. Si applicano inoltre, per quanto compatibili con le norme sopra citate, i documenti tecnici emanati dai gestori di rete.

3. DESCRIZIONE DEL SITO

L'impianto sarà realizzato su terreni pianeggianti situati nei comuni di Canello ed Arnone (CE) e di Mondragone (Ce).

Campo Fotovoltaico

Localizzazione	Canello ed Arnone (CE) e Mondragone (CE)
Latitudine	41° 5'48.39"N
Longitudine	13°58'36.29"E
Altitudine [m.s.l.m.]	1
Popolazione (abitanti – ISTAT 2021)	Canello ed Arnone 5.635 Mondragone 28.373 abitanti
Zona sismica	3 - Zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti.
Zona Climatica	C
Gradi-giorno	1.134

Comuni confinanti	Distanza (dal centro comune)	popolazione
<i>Grazzanise</i>	<i>6,3 km</i>	<i>6.818</i>
<i>Villa Literno</i>	<i>8,4 km</i>	<i>12.165</i>
<i>Castel Volturno</i>	<i>9,5 km</i>	<i>26.972</i>
<i>Casal di Principe</i>	<i>10,7 km</i>	<i>21.471</i>
<i>Falciano del Massico</i>	<i>11,9 km</i>	<i>3.425</i>
<i>Mondragone</i>	<i>12,1 km</i>	<i>29.444</i>

Le aree su cui verrà realizzato l'impianto sono costituite da suolo agricolo avente una superficie complessiva di circa 55 ha.

Tali aree, acquisite con DDS, sono indentificate dalle particelle catastali indicate di seguito:

COMUNE	FOGLIO	PARTICELLA
CANCELLO ED ARNONE	2	3
CANCELLO ED ARNONE	2	40
CANCELLO ED ARNONE	2	41
CANCELLO ED ARNONE	2	42
CANCELLO ED ARNONE	2	43
CANCELLO ED ARNONE	2	44
CANCELLO ED ARNONE	2	45
CANCELLO ED ARNONE	2	46
CANCELLO ED ARNONE	2	47
CANCELLO ED ARNONE	2	48
CANCELLO ED ARNONE	2	6
CANCELLO ED ARNONE	2	7
CANCELLO ED ARNONE	2	5019
MONDARGONE	51	42
MONDARGONE	51	43
MONDARGONE	51	58
MONDARGONE	51	60
MONDARGONE	51	59
MONDARGONE	51	44
MONDARGONE	51	51
MONDARGONE	51	45
MONDARGONE	51	5004
MONDARGONE	51	48

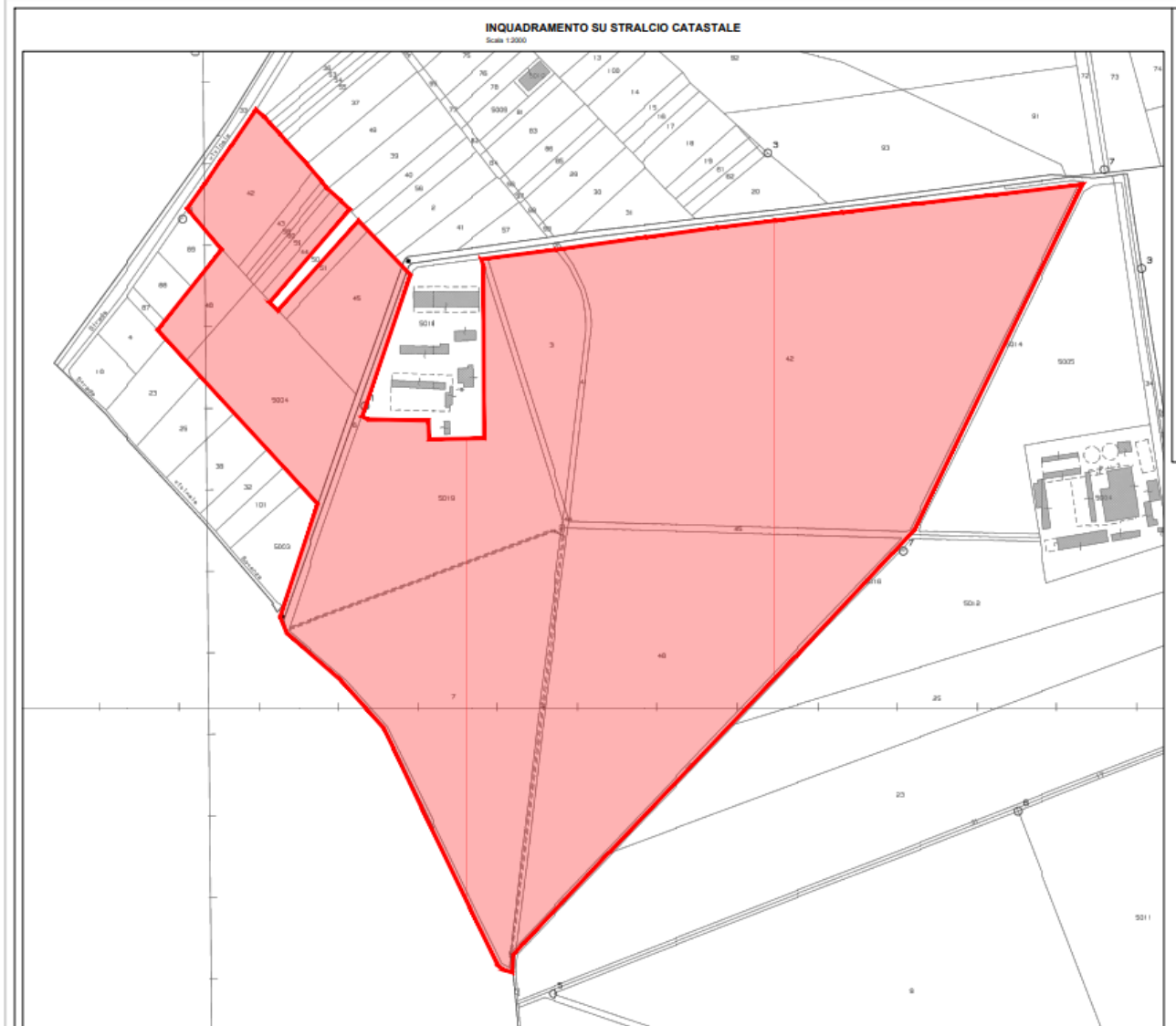


Figura 1. Catastale con identificazione dell'area di impianto

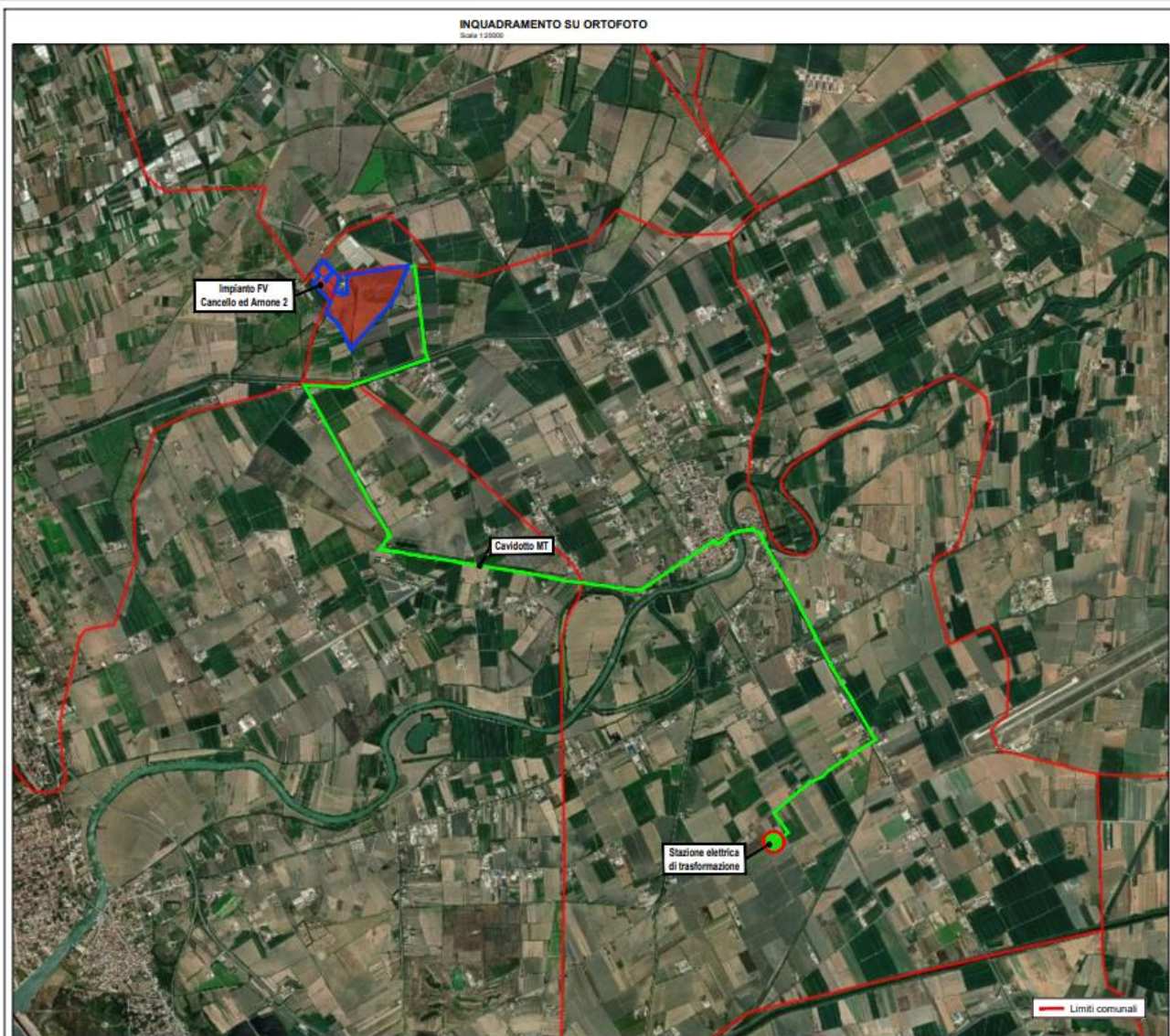


Figura 2. Corografia (Ortofoto) d'inquadramento del campo e delle opere di connessione

4. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto che si intende realizzare prevede l'installazione di un impianto fotovoltaico della potenzialità nominale di 33,74 Megawatt (MW) ed una accumulazione con potenza 5,1 MW, finalizzato alla produzione di energia elettrica in base ai dati di irraggiamento caratteristici della latitudine di Mondragone, l'impianto potrà produrre circa 55,235 MWh il primo anno, sarà connesso in parallelo alla rete elettrica di distribuzione di Alta Tensione in corrente alternata al fine della sola vendita dell'energia prodotta mediante un'unica fornitura dedicata.

La classificazione installativa è "a terra" e la tipologia realizzativa è "ad inseguimento monoassiale" (Tracker). Sintetizzando, l'intero impianto comprenderà:

- Superficie complessiva del terreno interessata dal progetto circa 55 ettari;
- Superficie di terreno occupata dall'impianto circa 12 ettari; circa il 15%;
- Numero di strutture porta moduli Type1: 1504 con n. 28 pannelli ciascuno;
- Numero di strutture porta moduli Type2: 198 con n. 14 pannelli ciascuno;
- Numero di moduli: 44.884 con potenzialità di 660 Wp;
- Numero di inverter: 150 inverter ciascuno con potenza nominale di 225 kW in AC;
- Numero di cabine di campo: 12 da 3.000 kVA
- Tecnologia modulo: silicio monocristallino;
- Potenza nominale impianto pari a 33,74 MW;

5. GENERATORE FOTOVOLTAICO

Il Generatore è formato da 12 sottocampi (Power Station) di cui si espongono le caratteristiche dimensionali:

Sottocampo "Sottocampo #1" (Power Station 1)

Numero di moduli FV	in serie, 28 moduli	Totali Stringhe 144 stringhe
Numero totale di moduli FV	N. di moduli 4032	Potenza nom. Unit. 660 Wp
Numero Inverter	N. 13 da 225 kW	Potenza AC Tot. uscita inverter 2,635 MW (max rendimento inverter =0,99)
Potenza globale campo	Nominale (STC) 2,661 MWp	
Caratt. di funz. campo FV	U mpp 1058,4 V	I mpp 17,47 A

Sottocampo "Sottocampo #2" (Power Station 2)

Numero di moduli FV	in serie, 28 moduli	Totali Stringhe 144 stringhe
Numero totale di moduli FV	N. di moduli 4032	Potenza nom. Unit. 660 Wp
Numero Inverter	N. 13 da 225 kW	Potenza AC Tot. uscita inverter 2,635 MW (max rendimento inverter =0,99)
Potenza globale campo	Nominale (STC) 2,661 MWp	
Caratt. di funz. campo FV	U mpp 1058,4 V	I mpp 17,47 A

Sottocampo "Sottocampo #3" (Power Station 3)

Numero di moduli FV	in serie, 28 moduli	Totali Stringhe 132 stringhe
Numero totale di moduli FV	N. di moduli 3696	Potenza nom. Unit. 660 Wp
Numero Inverter	N. 13 da 225 kW	Potenza AC Tot. uscita inverter
Potenza globale campo	Nominale (STC) 2,439 MWp	2,415 MW (max rendimento inverter =0,99)
Caratt. di funz. campo FV	U mpp 1058,4 V	I mpp 17,47 A

Sottocampo "Sottocampo #4" (Power Station 4)

Numero di moduli FV	in serie, 28 moduli	Totali Stringhe 132 stringhe
Numero totale di moduli FV	N. di moduli 3696	Potenza nom. Unit. 660 Wp
Numero Inverter	N. 13 da 225 kW	Potenza AC Tot. uscita inverter
Potenza globale campo	Nominale (STC) 2,439 MWp	2,415 MW (max rendimento inverter =0,99)
Caratt. di funz. campo FV	U mpp 1058,4 V	I mpp 17,47 A

Sottocampo "Sottocampo #5" (Power Station 5)

Numero di moduli FV	in serie, 28 moduli	Totali Stringhe 132 stringhe
Numero totale di moduli FV	N. di moduli 3696	Potenza nom. Unit. 660 Wp
Numero Inverter	N. 13 da 225 kW	Potenza AC Tot. uscita inverter
Potenza globale campo	Nominale (STC) 2,439 MWp	2,415 MW (max rendimento inverter =0,99)
Caratt. di funz. campo FV	U mpp 1058,4 V	I mpp 17,47 A

Sottocampo "Sottocampo #6" (Power Station 6)

Numero di moduli FV	in serie, 28 moduli	Totali Stringhe 132 stringhe
Numero totale di moduli FV	N. di moduli 3696	Potenza nom. Unit. 660 Wp
Numero Inverter	N. 12 da 225 kW	Potenza AC Tot. uscita inverter
Potenza globale campo	Nominale (STC) 2,439 MWp	2,415 MW (max rendimento inverter =0,99)
Caratt. di funz. campo FV	U mpp 1058,4 V	I mpp 17,47 A

Sottocampo "Sottocampo #7" (Power Station 7)

Numero di moduli FV	in serie, 28 moduli	Totali Stringhe 132 stringhe
Numero totale di moduli FV	N. di moduli 3696	Potenza nom. Unit. 660 Wp
Numero Inverter	N. 13 da 225 kW	Potenza AC Tot. uscita inverter
Potenza globale campo	Nominale (STC) 2,439 MWp	2,415 MW (max rendimento inverter =0,99)
Caratt. di funz. campo FV	U mpp 1058,4 V	I mpp 17,47 A

Sottocampo "Sottocampo #8" (Power Station 8)

Numero di moduli FV	in serie, 28 moduli	Totali Stringhe 120 stringhe
Numero totale di moduli FV	N. di moduli 3360	Potenza nom. Unit. 660 Wp
Numero Inverter	N. 12 da 225 kW	Potenza AC Tot. uscita inverter
Potenza globale campo	Nominale (STC) 2,217 MWp	2,195 MW (max rendimento inverter =0,99)
Caratt. di funz. campo FV	U mpp 1058,4 V	I mpp 17,47 A

Sottocampo "Sottocampo #9" (Power Station 9)

Numero di moduli FV	in serie, 28 moduli	Totali Stringhe 132 stringhe
Numero totale di moduli FV	N. di moduli 3696	Potenza nom. Unit. 660 Wp
Numero Inverter	N. 12 da 225 kW	Potenza AC Tot. uscita inverter
Potenza globale campo	Nominale (STC) 2,439 MWp	2,415 MW (max rendimento inverter =0,99)
Caratt. di funz. campo FV	U mpp 1058,4 V	I mpp 17,47 A

Sottocampo "Sottocampo #10" (Power Station 10)

Numero di moduli FV	in serie, 28 moduli	Totali Stringhe 128 stringhe
Numero totale di moduli FV	N. di moduli 3584	Potenza nom. Unit. 660 Wp
Numero Inverter	N. 12 da 225 kW	Potenza AC Tot. uscita inverter
Potenza globale campo	Nominale (STC) 2,365 MWp	2,341 MW (max rendimento inverter =0,99)
Caratt. di funz. campo FV	U mpp 1058,4 V	I mpp 17,47 A

Sottocampo "Sottocampo #11" (Power Station 11)

Numero di moduli FV	in serie, 28 moduli	Totali Stringhe 132 stringhe
Numero totale di moduli FV	N. di moduli 3696	Potenza nom. Unit. 660 Wp
Numero Inverter	N. 12 da 225 kW	Potenza AC Tot. uscita inverter
Potenza globale campo	Nominale (STC) 2,439 MWp	2,415 MW (max rendimento inverter =0,99)
Caratt. di funz. campo FV	U mpp 1058,4 V	I mpp 17,47 A

Sottocampo "Sottocampo #12" (Power Station 12)

Numero di moduli FV	in serie, 28 moduli	Totali Stringhe 143 stringhe
Numero totale di moduli FV	N. di moduli 4004	Potenza nom. Unit. 660 Wp
Numero Inverter	N. 12 da 225 kW	Potenza AC Tot. uscita inverter
Potenza globale campo	Nominale (STC) 2,642 MWp	2,616 MW (max rendimento inverter =0,99)
Caratt. di funz. campo FV	U mpp 1058,4 V	I mpp 17,47 A

6. MODULO FOTOVOLTAICO

Il modello di modulo fotovoltaico impiegato nella realizzazione del presente progetto è in silicio monocristallino. Il modulo fotovoltaico scelto per la realizzazione dell'impianto Fotovoltaico è realizzato da TRINA SOLAR, in silicio monocristallino, della serie TSM-DE21 ed ha una potenza di picco di 660 Wp.

ELECTRICAL DATA (STC)								
Peak Power Watts- P_{MAX} (Wp)*	635	640	645	650	655	660	665	670
Power Tolerance- P_{MAX} (W)	0 ~ +5							
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	36.8	37.0	37.2	37.4	37.6	37.8	38.0	38.2
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	17.26	17.30	17.35	17.39	17.43	17.47	17.51	17.55
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	44.7	44.9	45.1	45.3	45.5	45.7	45.9	46.1
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	18.30	18.34	18.39	18.44	18.48	18.53	18.57	18.62
Module Efficiency η_m (%)	20.4	20.6	20.8	20.9	21.1	21.2	21.4	21.6

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5. *Measuring tolerance: ±3%.

Figura 3 – Dati elettrici del Modulo

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline
No. of cells	132 cells
Module Dimensions	2384×1303×35 mm (93.86×51.30×1.38 inches)
Weight	33.9 kg (74.7 lb)
Glass	3.2 mm (0.13 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	EVA
Backsheet	White
Frame	35mm(1.38 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm ² (0.006 inches ²), Portrait: 280/280 mm(11.02/11.02 inches) Length can be customized
Connector	MC4 EVO2 / TS4*

*Please refer to regional datasheet for specified connector.

TEMPERATURE RATINGS

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	43°C (±2°C)
Temperature Coefficient of P _{MAX}	- 0.34%/°C
Temperature Coefficient of Voc	- 0.25%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.04%/°C

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC)
Max Series Fuse Rating	30A

Figura 4- Dati meccanici e operativi

I pannelli saranno montati su strutture a inseguimento monoassiale (denominati Tracker = Inseguitori), in configurazione monofilare. Sono previsti Tracker che alloggiavano 28 pannelli e Tracker che alloggiavano 14 pannelli. Tutte le stringhe sono costituite da 28 pannelli. Per realizzare la stringa da 28 pannelli, si collegheranno in serie i pannelli di un Tracker da 28, oppure i pannelli di 2 Tracker da 14 (2x14=28).

I pannelli fotovoltaici hanno dimensioni 2384x1303 mm, incapsulati in una cornice di alluminio anodizzato dello spessore di 35 mm, per un peso totale di 33,9 kg ciascuno.

7. COLLEGAMENTO DELLE STRINGHE

Come già detto tutte le stringhe fotovoltaiche dell'impianto sono costituite da n. 28 moduli FV, collegati in serie al fine di raggiungere la tensione in ingresso del gruppo di conversione (inverter). Si è previsto un inverter che possiede n.12 ingressi indipendenti a cui appunto saranno collegate le 12 stringhe.

8. GRUPPI DI CONVERSIONE / INVERTER

Come visto l'impianto in oggetto è diviso in 12 sottoinsiemi (sottocampi o Power Station), formati da N.12 e alcuni N.13 inverter. Ogni sottoinsieme è collegato e gestito da una Cabina di Campo (indicata anche col nome di Power Station) al cui interno è presente un trasformatore ed i quadri di media tensione.

SG250HX

SUNGROW
Clean power for all

Inverter di stringa multi-MPPT per sistemi a 1500 Vdc



RESA ELEVATA

- 12 MPPT con efficienza massima 99%
- Corrente massima MPPT 30A per compatibilità moduli da 500+Wp
- Funzione anti-PID integrata

BASSI COSTI

- Compatibile con cavi in Alluminio o Rame
- Abilitato per connettori CC 2 in 1
- Power line communication (PLC) opzionale
- Funzione erogazione potenza reattiva notturna

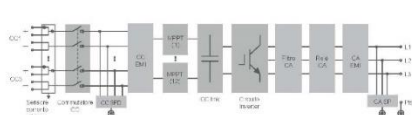
GESTIONE INTELLIGENTE

- Messa in servizio e aggiornamento firmware da remoto
- Funzione scansione curva IV e diagnosi
- Tecnologia senza fusibili con monitoraggio intelligente delle correnti di stringa

SICUREZZA

- Protezione IP66 e classe C5 anticorrosione
- SPD tipo II sia per CC che CA
- Conforme a norme di sicurezza e codici di rete globali

TOPOLOGIA



CURVA DI EFFICIENZA

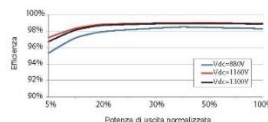


Figura 5 – Inverter 250 kWp

9. CABINA DI PARALLELO

Le 12 Cabine di Campo (Power Station) sono collegate ad anello in media tensione e collegate alla Cabina Utente 1 (FIGURA 6), conforme alle specifiche in media tensione ed Enel, la cui struttura è di tipo monolitico, composta da un unico vano per l'alloggiamento delle apparecchiature elettromeccaniche. Una rappresentazione tipo della cabina suddetta è quella riportata nella FIGURA 6.



Figura 6 – Tipologia di Cabina Utente 1

La Cabina Utente 1 contiene al suo interno il Quadro in Media Tensione (30kV) composto da:

- Cella (ovvero scomparto a 30kV) contenente l'interruttore generale che assicura la separazione dell'intero impianto fotovoltaico dalla rete.
- Cella misure.
- Cella che alimenta il trasformatore MT/BT da 100 kVA per alimentazione servizi ausiliari.
- Le 2 Celle contenenti gli interruttori MT a cui è collegato l'anello MT interno al Campo Fotovoltaico.
- La Cella a cui è allacciato l'accumulo da 5,1MW.

Dalla Cabina Utente 1 parte il cavo in MT (30 kV) e arriva alla stazione di elevazione a 30kV/150kV distante a circa 13,5km.

Sullo Schema Elettrico Unifilare di progetto sono riportati tutti i dettagli dell'impianto Fotovoltaico in oggetto.

È stata prevista anche una Cabina Utente 2 divisa in 2 locali. Un primo locale conterrà i vari quadri in bassa tensione del campo fotovoltaico, i quadri di automazione e controllo, i quadri per la videosorveglianza. Nell'altro locale, separato dal primo, sarà installato il trasformatore da 100 kVA, con tensioni 30kV/400V, per alimentare gli ausiliari dell'impianto.

10. CONTROL ROOM

All'interno della Cabina Utente 2 è prevista l'installazione dei componenti adibiti ai servizi di monitoraggio e controllo dell'intero campo fotovoltaico.

Sono presenti i seguenti dispositivi:

- Un armadio Rack contenente tutte le apparecchiature necessarie al corretto monitoraggio della produzione dell'intero campo fotovoltaico e il rilevamento di eventuali anomalie dei sottocampi.
- Un armadio Rack contenente tutte le apparecchiature necessarie al corretto funzionamento dell'impianto di videosorveglianza.
- Un sistema di condizionamento per mantenere costante la temperatura interna e garantire così il corretto funzionamento delle apparecchiature suddette.

11. DESCRIZIONE DELLE LINEE ELETTRICHE E DEI CAVIDOTTI

11.1 CAVI ELETTRICI IN CORRENTE CONTINUA

I cavi utilizzati nella sezione in corrente continua presentano le seguenti caratteristiche:

- Tensione massima compatibile con quella del sistema elettrico;
- Il dimensionamento dei cavi sarà dettato dall'esigenza di limitare la caduta di tensione e, quindi, le perdite percentuali sul lato corrente continua. Ai sensi della guida CEI 82-25, si deve limitare la caduta di tensione sul lato corrente continua sotto al 2%. In allegato sono riportati i calcoli dettagliati.
- Adatti per posa esterna (resistenza all'acqua, al gelo, al calore e agli agenti chimici);
- A seconda che i cavi siano esposti alla luce solare abbiamo: o Collegamenti da moduli fotovoltaici ai quadri di campo (o string box) o Inverter: saranno impiegati cavi solari, in grado di assicurare la funzionalità nel tempo anche in presenza di tratti irraggiati direttamente dalla luce solare.

11.2 CAVI ELETTRICI IN ALTERNATA: MEDIA ED ALTA TENSIONE

La tensione di uscita degli inverter è di 800V in ac, sono previsti quindi cavi con isolamento 0,6/1 kV del tipo AFG16M16 – ARG16R16, in alluminio.

Sono previsti cavi con sezione di fase 240mmq e cavo PE, colore G/V, da 120mmq; con questa scelta la caduta di tensione massima da ciascun inverter alle Power Station sarà inferiore al 2%. In allegato sono

riportati i calcoli dettagliati.

La tensione in uscita delle Power Station risulterà in Media Tensione a 30 kV. La scelta della sezione del conduttore dei cavi MT dipende dalla corrente d'impiego e dalla portata effettiva del cavo in relazione al suo regime di funzionamento (regime permanente, ciclico o transitorio) ed alle sue condizioni di installazione (temperatura ambientale, modalità di posa, numero di cavi e loro raggruppamento, etc, CEI 11-17).

I collegamenti di MT saranno realizzati in conformità allo schema elettrico unifilare mediante cavi con isolamento 18/30 KV con conduttore in alluminio ad isolamento solido. È stato previsto un cavo del tipo ARE4H5E 18/30 kV (CEI 20-13, CEI 20-16). Con conduttore in alluminio; la caduta di tensione totale prevista, nelle peggiori condizioni sarà inferiore al 4,15% su tutta la lunghezza del cavidotto ovvero fino alla stazione di elevazione 30kV/150kV. In allegato alla presente, i calcoli completi della caduta di tensione.

11.3 TRACCIATI DI LINEA

I tracciati per le linee elettriche AC saranno realizzati con idonee canalizzazioni e/o cavidotti interrati e saranno interconnesse tra loro con eventuali pozzetti ispezionabili. Saranno separati i cavi appartenenti ai vari sistemi elettrici che appartengono a categorie diverse, ovvero cavi bassa tensione, cavi in media tensione, cavi dc.

12. DISPOSITIVI DI SICUREZZA DELL'IMPIANTO

12.1 PROTEZIONE DA CORTO CIRCUITI SUL LATO C.C. DELL'IMPIANTO

In generale, gli impianti fotovoltaici sono realizzati attraverso il collegamento in serie/parallelo di un determinato numero di moduli FV, a loro volta realizzati attraverso il collegamento in serie/parallelo di celle FV inglobate e sigillate in un unico pannello d'insieme. Pertanto, gli impianti FV di qualsiasi dimensione conservano le caratteristiche elettriche della singola cella, semplicemente a livelli di tensione e corrente superiori, a seconda del numero di celle connesse in serie (per ottenere tensioni maggiori) oppure in parallelo (per ottenere correnti maggiori).

Negli impianti fotovoltaici la corrente di corto circuito dell'impianto non può superare la somma delle correnti di corto circuito delle singole stringhe.

Essendo le stringhe composte da una serie di generatori di corrente (i moduli fotovoltaici) la loro corrente di corto circuito è di poco superiore alla corrente nel punto di massima potenza.

Gli inverter sono provvisti di interruttore magnetotermico e/o fusibili. Pertanto, la protezione dai cortocircuiti dell'impianto è assicurata da tali dispositivi.

12.2 PROTEZIONE DA CONTATTI ACCIDENTALI LATO C.C.

Il campo fotovoltaico lato corrente continua è assimilabile ad un sistema IT cioè flottante rispetto al potenziale di terra. Gli inverter previsti sono muniti di un opportuno dispositivo di monitoraggio della dispersione verso terra, che ne provoca l'immediato spegnimento e l'emissione di una segnalazione di allarme.

12.3 PROTEZIONE CONTRO SCARICHE ATMOSFERICHE LATO C.C.

Un campo fotovoltaico la cui struttura è correttamente collegata a massa, non altera in alcun modo l'indice ceuranico della località di montaggio, e quindi la probabilità di essere colpito da un fulmine. I moduli fotovoltaici sono insensibili alle sovratensioni atmosferiche, che invece possono risultare pericolose per le apparecchiature elettroniche a valle. Gli inverter previsti possiedono già di default gli scaricatori di sovratensione sia in ingresso (lato corrente continua) sia in uscita (lato corrente alternata).

In caso di sovratensioni gli scaricatori collegano una o entrambe le polarità dei cavi a massa e provocano l'immediato spegnimento degli inverter e l'emissione di una segnalazione di allarme.

12.4 PROTEZIONE SUL LATO C.A. DELL'IMPIANTO

Sul lato bassa tensione AC (800V alternata) gli inverter previsti sono già dotati di una protezione da cortocircuito lato AC. In aggiunta è stato previsto anche un interruttore in uscita a ciascuno inverter che oltre ad avere la funzione di sezionamento dell'uscita dell'inverter svolgerà anche la funzione di ulteriore protezione da cortocircuito e guasto a terra. In pratica all'interruttore è accoppiata una protezione differenziale regolabile della corrente differenziale e tempo intervento differenziale.

Sul lato Media tensione, a 30 kV, sono previste le varie protezioni possibili quindi le protezioni per sovraccarico, cortocircuito e per guasto a terra.

12.5 PREVENZIONE FUNZIONAMENTO IN ISOLA

In accordo a quanto prescritto dalla normativa italiana sarà previsto un dispositivo per prevenire il funzionamento in isola dell'impianto.

13. IMPIANTO DI TERRA

13.1 GENERALITA'

L'impianto di terra previsto all'interno del Campo fotovoltaica, per ragioni di equi potenzialità, sarà unico sia per la bassa che per la media tensione.

L'impianto di terra previsto soddisfa, con un ampio margine di sicurezza le seguenti prescrizioni:

- Avere sufficiente resistenza meccanica e resistenza alla corrosione;
- Essere in grado di sopportare, da un punto di vista termico, le più elevate correnti di guasto prevedibili;
- Evitare danni a elementi elettrici ed ai beni;
- Garantire la sicurezza delle persone contro le tensioni che si manifestano sugli impianti di terra per effetto delle correnti di guasto a terra.

L'impianto di terra previsto, data la enorme estensione del campo fotovoltaico avrà una resistenza di terra inferiore a 0,1 Ohm.

In fase di realizzazione dell'impianto, l'impresa esecutrice ad impianto ultimato, effettuerà la misura della resistenza di terra totale dell'impianto.

13.2 CARATTERISTICHE

Il dispersore intenzionale del parco fotovoltaico avrà una struttura orizzontale e verrà realizzato da più anelli con un tondo in acciaio zincato a caldo di diametro 10mm (equivalente ad una sezione di 78mmq), collegati tra loro (anello di terra primario), ai quali saranno collegati i pali d'infissione delle strutture porta modulo (Tracker) che diventeranno dispersori di fatto.

Uguualmente saranno collegati all'anello di terra primario l'anello di terra intorno a ciascuna Power Station, tale anello è stato previsto con corda di rame nudo interrata da 95mmq. Tutti i dettagli impiantistici sono dettagliatamente riportati sugli elaborati grafici di progetto. In allegato sono riportati i calcoli dettagliati.

14. IMPIANTO DI VIDEOSORVEGLIANZA

Per la sorveglianza dell'impianto FV si è previsto un sistema di controllo del perimetro, e il controllo volumetrico delle cabine utente e Control Room.

Il controllo perimetrale con sistema di videosorveglianza a telecamere sarà composto da:

- Telecamere brandeggiabili auto-dome, dotate di zoom;
- Illuminatori ad infrarossi;
- Convertitori per collegare le telecamere con cavo UTP;
- Sistema di registrazione digitale;
- Centrale di allarme.
- Controllo per cabine Power Station, cabine Utente 1 e 2, Accumulo
- Rivelatori a doppia tecnologia, con microonda/infrarosso, collegati alla centrale di controllo.

15. IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE ESTERNA

L'impianto FV è dotato di un sistema di illuminazione perimetrale normalmente spento ed in grado di attivarsi su comando locale o su input di sorveglianza.

L'impianto di illuminazione sarà composto da pali conici zincati a caldo di altezza circa 3 mt, per l'illuminazione del perimetro. I pali saranno completi di accessori quali asola per ingresso cavi, asola per morsettiera a conchiglia, morsettiera ad incasso con fusibile, portella da palo, bullone di messa a terra.

L'altezza dei pali tiene conto anche della possibilità di installazione in zone dove c'è il rischio di ombreggiamenti sui moduli FV.

Per quanto riguarda le lampade sono previste lampade a LED a basso assorbimento di energia.

Allegati - Calcoli Elettrici

Sommario

PRODUZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO	2
CALCOLI ELETTRICI.....	4
VERIFICA CAVI IN CORRENTE CONTINUA	4
CAVI DI COLLEGAMENTO DALLE STRINGHE AGLI INVERTER	4
VERIFICA CAVI IN CORRENTE ALTERNATA CAVI A 800V	6
CAVI DI COLLEGAMENTO DAGLI INVERTER ALLE POWER STATION	6
VERIFICA CAVI MT IN CORRENTE ALTERNATA, CAVO A 30 kV	8
TRATTO DI COLLEGAMENTO DA CABINA UTENTE A S.E. 30/150 kV DI CANCELLO ARNONE (CE)	8
VERIFICA CAVI MT IN CORRENTE ALTERNATA, CAVO A 30 kV	10
TRATTI DI COLLEGAMENTO DALLE POWER STATION ALLA CABINA UTENTE	10
MAX CADUTA DI TENSIONE CAVI MT IN CORRENTE ALTERNATA, CAVO A 30 kV	12
TRATTO DI COLLEGAMENTO DALLE POWER STATION ALLA S.E. DI CANCELLO ARNONE (CE)	12
CALCOLO CORRENTI DI CORTOCIRCUITO	13
CALCOLO CORRENTE DI CORTOCIRCUITO SULLE SBARRE A 30 kV DEL QUADRO MT A 30 kV DELLA CABINA UTENTE	13
CALCOLO CORRENTE DI CORTOCIRCUITO SULLE SBARRE A 800 V DEI QUADRI BT A 800 V DELLE POWER STATION	17
VERIFICA SEZIONE DEL DISPERSORE DI TERRA DELL'IMPIANTO DI TERRA GENERALE	19

PRODUZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO

La produzione media di energia stimata per l'intero impianto, nel primo anno, viene calcolata qui di seguito. La produzione di energia da 1 kWp è di 1.864,60 (kWh/(anno *kWp)) quindi considerando che la potenza di ciascun pannello è di 660Wp (660Wp/1000=0,66 kWp) e che il numero di pannelli previsti è pari a 44.884, si ottiene:

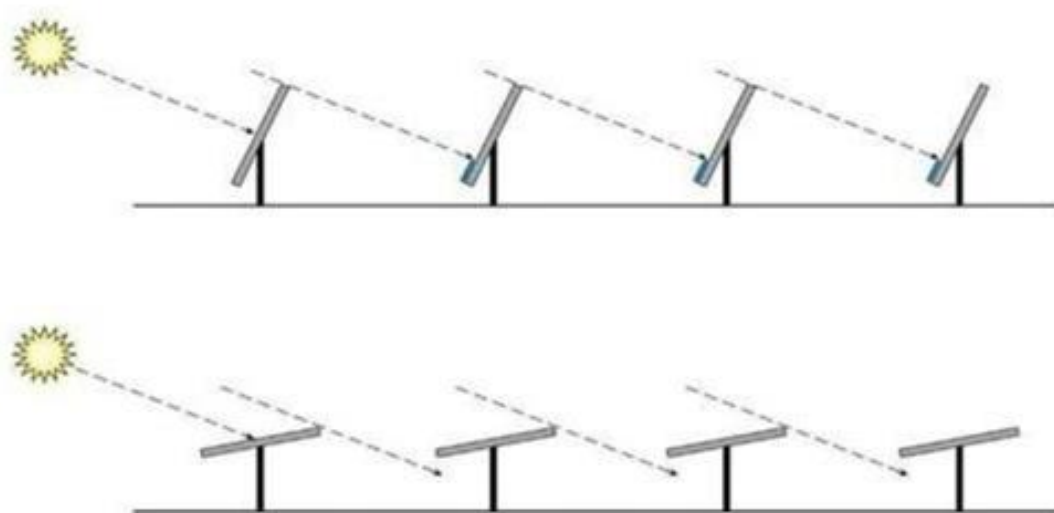
$$1.864,60 \text{ (kWh/anno *kWp)} * (660/1000) \text{ kWp} * 44.884 = 55.235.866,22 \text{ kWh/anno (primo anno)}$$

Alla pagina seguente sono riportati tutti i dettagli del calcolo effettuato. Il programma utilizzato è il PVGIS della Comunità europea, aggiornamento 2021-2022.

Il calcolo è stato sviluppato con riferimento ad 1 kWp; perciò, il risultato di cui sopra è stato moltiplicato per la potenza totale dell'impianto.

Nella simulazione sono state ipotizzate perdite di sistema pari al 17,5% e perdite totali pari a 19,85%.

Il valore di 1.864,60 (kWh/(anno *kWp)) è conseguente alla modalità di captazione prevista ovvero impiego di inseguitori solari monoassiali (Tracker) come viene schematizzato nella figura qui di seguito riportata.



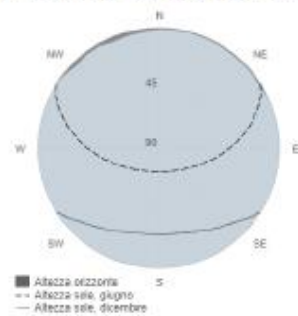


Rendimento FV ad inseguimento

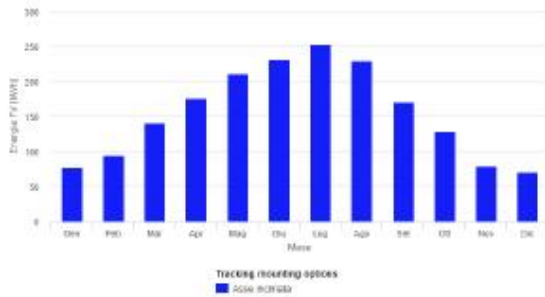
PVGIS-5 stima del rendimento energetico FV

Valori inseriti:	Output del calcolo	
Latitudine/Longitudine: 41.088, 13.954	Angolo inclinazione [°]: 0	IA*
Orizzonte: Calcolato	Produzione annuale FV [kWh]: 1864.6	
Database solare: PVGIS-SARAH2	Irraggiamento annuale [kWh/m²]: 2326.49	
Tecnologia FV: Silicio cristallino	Variazione interannuale [kWh]: 60.5	
FV installato: 1 kWp	Variazione di produzione a causa di:	
Perdite di sistema: 17.5 %	Angolo d'incidenza [%]: -1.7	
	Effetti spettrali [%]: 0.55	
	Perdite temp. ed irr. bassa [%]: -1.72	
	Perdite totali [%]: -19.85	
	* IA: Asse Inclinata	

Grafico dell'orizzonte al luogo scelto:



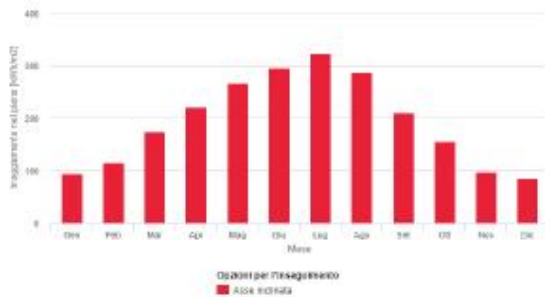
Energia mensile da sistema FV ad inseguimento:



Asse Inclinata			
Mese	E_m	H(η)_m	SD_m
Gennaio	77.2	93.2	11.8
Febbraio	94.5	115.2	14.4
Marzo	141.2	174.3	18.9
Aprile	176.4	221.7	11.0
Maggio	211.1	267.3	17.0
Giugno	232.3	295.8	10.7
Luglio	253.8	322.4	8.7
Agosto	229.7	288.4	11.6
Settembre	170.1	210.6	8.3
Ottobre	128.2	156.1	14.8
Novembre	80.0	96.5	12.7
Dicembre	70.1	85.0	10.5

E_m: Media mensile del rendimento energetico del sistema definito [kWh]
 H(η)_m: Media mensile di irraggiamento al metro quadro sui moduli del sistema scelto [kWh/m²]
 SD_m: Variazione standard del rendimento mensile di anno in anno [kWh]

Irraggiamento mensile nel piano di inseguimento:



CALCOLI ELETTRICI

VERIFICA CAVI IN CORRENTE CONTINUA

CAVI DI COLLEGAMENTO DALLE STRINGHE AGLI INVERTER

Per i cavi FV di collegamento tra gli inverter e le singole stringhe di pannelli Fotovoltaici sono stati previsti cavi del tipo H1Z2Z2-K, sezione 6mmq. Negli elaborati di progetto è allegata la Scheda Tecnica completa del cavo previsto.

Si è previsto un cavo di sezione 6mmq perché, dato il tipo di impiego, collegamento stringa pannelli fotovoltaici agli inverter, viene consigliato dalla maggior parte dei costruttori di inverter, un cavo di sezione non inferiore ai 6mmq. Gli inverter, infatti, trasformano l'energia in corrente continua in energia a corrente alternata secondo la tecnica a commutazione con frequenza di alcune decine di kHz.

Si riepilogano, per maggiore chiarezza, qui di seguito le caratteristiche principali.

Cavo Fotovoltaico H1Z2Z2-K

Cavi per applicazioni in impianti fotovoltaici - zero alogeni.

Cavi non propaganti la fiamma - zero alogeni - resistenti ai raggi UV

CARATTERISTICHE FUNZIONALI

Tensione nominale U₀/U: 1/1 kVac 1,5/1,5 kVcc

Tensione massima: 1,2 kVac 1,8 kVcc

Tensione di prova: 6,5 kVac 15 kVcc

Temperatura massima di esercizio: 90°C

Temperatura minima di posa: -25°C

Temperatura massima di corto circuito: 250°C

CONDIZIONI DI IMPIEGO

Uso previsto in installazioni fotovoltaici es. in conformità all'HD 60364-7-712. Adatti per applicazione su apparecchiature con isolamento di protezione (Classe di protezione II).

Intrinsecamente sono a prova di cortocircuito e di dispersioni a terra in conformità all'HD 60364-5-52.

Uso previsto in installazioni fotovoltaici es. in conformità all'HD 60364-7-712.

Adatti per applicazione su apparecchiature con isolamento di protezione (Classe di protezione II).

Intrinsecamente sono a prova di cortocircuito e di dispersioni a terra in conformità all'HD 60364-5-52.

Adatti per uso permanente all'esterno o all'interno, per installazioni libere mobili, libere a sospensione e fisse. Installazione anche in condotti e su canaline, all'interno o sotto intonaco oltre che nelle apparecchiature.

Si verifica in questa fase la congruità della scelta effettuata sia per quanto riguarda la portata che la max caduta di tensione.

Verifica portata corrente del cavo Fotovoltaico H1Z2Z2-K, sezione 6 mmq, cavo stringhe.

La sezione dei cavi prevista è di 6 mmq.

Cavo Fotovoltaico H1Z2Z2-K, sezione 6 mmq		
Portata dei cavi H1Z2Z2-K sezione 6mmq, alla temperatura di 70°C (CEI 20-91)	64	A
Coefficiente di riduzione K2 per posa in fascio. Numero massimo di circuiti 12. (Tabella CEI UNEL 35024/1)	0,45	

Ad ogni inverter confluiscono al massimo N.12 Stringhe da 28 pannelli, quindi, confluiscono al massimo N.12 circuiti.

Da quanto esposto sopra si desume che la portata dei cavi scelti, H1Z2Z2-K, sezione 6mmq sarà di:

Portata Cavi H1Z2Z2-K, sezione 6mmq, a 70°C, in fascio da 12 = 64 A *0,45 = 28,80A

Tale valore di portata del cavo, valutato nelle peggiori condizioni, ovvero a 70°C di temperatura ambiente e con una vicinanza di N.12 circuiti è a favore della sicurezza. Tale portata di 28,80 A è ampiamente superiore alla corrente che attraversa ciascun cavo nelle varie circostanze di funzionamento; infatti, la max corrente che fluisce nei cavi per ogni stringa è di $I_{mpp}=17,47$ A, e anche nelle condizioni di cortocircuito, infatti $I_{sc}=18,53$ A (Vedi scheda tecnica pannelli FV). Dunque, ricapitolando:

Portata cavo nelle peggiori condizioni di funzionamento= 28,80 A > 18,53 A.

Verifica caduta di tensione del cavo Fotovoltaico H1Z2Z2-K, cavo di stringhe, sezione 6 mmq.

Per valutare la caduta di tensione si fa riferimento alla lunghezza media dei cavi che collegano le stringhe agli inverter.

Ogni stringa è costituita da 28 pannelli. Si considera la lunghezza dei 2 cavi a bordo pannello di 1,4m e di sezione 4mmq, quindi avremo una lunghezza:

$$L1 = 28 * (1,4m + 1,4m) = 78,40 \text{ m}$$

La lunghezza media del cavo per il collegamento della stringa all'inverter è circa:

$$L2 = 100m$$

Si calcola ora la tensione max di stringa e la potenza max di stringa, valori necessari per il calcolo della caduta di tensione.

$$\text{Tensione max di Stringa} = 28 * V_{mpp} = 28 * 37,8 \text{ V} = 1058,40 \text{ Volt}$$

$$\text{Potenza max di Stringa} = 28 * V_{mpp} * I_{mpp} = 28 * 37,8 \text{ V} * 17,47 \text{ A} = 18.490,248 \text{ Watt} = 18,49 \text{ kW}$$

$$DV\% = 100 * (91 * L1/S1 + 92 * L2/S2) * (P_{max}/V^2) =$$

$$=100*(0,021*78,4/4)*(0,018*100/6)*(18.490,248/1058,40*1058,40)= 1,175\% < 2\%$$

(ρ_1 = 0,021 Ohm *mmq/m, resistività del rame a 70 °C)

(ρ_2 = 0,018 Ohm *mmq/m, resistività del rame a 30 °C)

VERIFICA CAVI IN CORRENTE ALTERNATA CAVI A 800V CAVI DI COLLEGAMENTO DAGLI INVERTER ALLE POWER STATION

Per i cavi di collegamento tra gli inverter e le Power Station sono stati previsti cavi del tipo ARG16R16-0,6/1 kV in alluminio, sezione 3x1x240mmq. Negli elaborati di progetto è allegata la Scheda Tecnica completa del cavo previsto.

Si verifica qui di seguito la congruità dei cavi indicati negli elaborati di progetto. Si verifica quindi la congruità della scelta effettuata per quanto riguarda la portata, la max caduta di tensione ed il valore della corrente di cortocircuito (I^2t sopportabile dal cavo) in corrispondenza del Quadro Elettrico lato BT delle Power Station, ovvero lato ingresso a 800V delle Power Station.

Il Calcolo di verifica è stato eseguito tramite il programma “Prysmian CableApp”, che consente di scegliere tra l’altro anche la tensione di 800V.

I dati inseriti sono i seguenti.

-Max caduta di tensione = 2%. Lunghezza max delle linee inferiore ai 300m.

-Portata corrente richiesta = 180,5 A. Questa è la max corrente che l’inverter è in grado di erogare.

-Valore della corrente di cortocircuito nel punto di allaccio alla Power Station < 36 KA. (Si dimostrerà nel seguito che la corrente di cortocircuito è appunto inferiore ai 36 kA considerati).

Tempo di intervento delle protezioni per interrompere il cortocircuito = 0,1 sec (tale valore è a favore della sicurezza)

Con i valori inseriti consegue che con un cavo 3x1x240mmq la massima caduta di tensione è del 2 % per una lunghezza di 300m, inoltre il cavo verifica con ampio margine di sicurezza sia il valore della portata che il valore della corrente di cortocircuito e tempo di intervento delle protezioni.

Nella pagina seguente è riportata la scheda completa di calcolo.

ARE4R	
Sezione minima tecnica:	240 mm² (1 Conduttore/i per fase:)
Sezione minima utilizzabile in base ai criteri tecnici	
Sezione ottimale*:	300 mm ² (1 Conduttore/i per fase:)
Risparmi annuali**	
Risparmio in bolletta:	957.07 €
Risparmio emissioni:	2440.53 kg CO2
* Sezione superiore in base ai criteri di risparmio energetico per resistenza minima considerando il costo energetico 0.20 €/kWh, percentuale di utilizzo medio di 90.00% e emissioni di CO2 equivalenti a 0.31 kg/kWh.	
** Calcolo eseguito	

Caratteristiche e dati dell'installazione
Metodo base D2: direttamente interrato (singlecore)
Dettagli installazione ITC-BT 20 Installazioni interne o linee di ricezione in generale
Sistema di installazione Direttamente interrato (senza tubo) unipolare

Struttura cavo Unipolare	Tipo di sistema elettrico Trifase
Tensione (V) Altra tensione	Altro tipo di tensione (V) 800
Fattore di Potenza - Cos Φ 0.99	Corrente di Impiego (A) 180.50
Potenza attiva (kW) 247.61	Potenza apparente (kVa) 250.11
Potenza meccanica (kW) (motori) 247.61	Rendimento (%) 100
Lunghezza (m) 300	Caduta di tensione (%) 2
Caduta di tensione (V) 16	Corrente di cortocircuito (kA) 36
Durata del cortocircuito (sec) 0.1	Temperatura ambiente (°C) 20
Esposizione al sole -	Altro coefficiente 1
Distanza tra i circuiti o tubi (m) 0.07	Posizione dei circuiti Non definita
Numero di circuiti / cavi nel sistema 1	Resistività del terreno (cavi interrati) (K·m/W) 1.5
Profondità (cavi interrati) (m) 1	

Sezione per intensità 70 mm ² (1 Conduttore/i per fase)
Sezione per cortocircuito 150 mm ² (1 Conduttore/i per fase)
Sezione per caduta di tensione 240 mm² (1 conduttore per fase)

VERIFICA CAVI MT IN CORRENTE ALTERNATA, CAVO A 30 kV TRATTO DI COLLEGAMENTO DA CABINA UTENTE A S.E. 30/150 kV DI CANCELLO ARNONE (CE)

Per i cavi di collegamento tra Cabina Utente all'interno del Campo FV e la futura S.E. di Canello Arnone (CE), sono stati previsti cavi del tipo ARE4H5E 18/30 kV in alluminio o similare (ARG7H1R), sezione 3x2x400mmq. La lunghezza prevista è di circa 13.500m. Massima portata di corrente richiesta 655,90 A. Negli elaborati di progetto è allegata la Scheda Tecnica completa del cavo previsto.

Si verifica qui di seguito la congruità dei cavi indicati negli elaborati di progetto. Si verifica quindi la congruità della scelta effettuata per quanto riguarda la portata, la max caduta di tensione ed il valore della corrente di cortocircuito (I^2t sopportabile dal cavo) in corrispondenza del Quadro Elettrico MT della SE di Canello Arnone, ovvero Quadro a 30kV subito a valle del Trasformatore 150/30 kV.

Il Calcolo di verifica è stato eseguito tramite il programma "Prysmian CableApp", che consente di scegliere tra l'altro anche la tensione di 30 kV.

I dati inseriti sono i seguenti.

-Portata corrente richiesta = 655,90 A. La corrente in uscita dalla Cabina Utente sarà sempre inferiore a questo valore.

- Lunghezza della linea = 13.500m

-Valore della corrente di cortocircuito nel punto di allaccio alla S.E. < 20 KA.

(Si dimostrerà nel seguito che la corrente di cortocircuito è appunto inferiore ai 20 kA considerati, a favore della sicurezza).

Tempo di intervento delle protezioni per interrompere il cortocircuito = 1 sec (tale valore è a favore della sicurezza)

Con i valori inseriti consegue che con un cavo 3x2x400mmq la caduta di tensione è di 3,09 % e il cavo verifica con margine di sicurezza sia il valore della portata che i valori della corrente di cortocircuito e tempo di intervento delle protezioni .

Nella pagina seguente è riportata la scheda completa di calcolo.

ARE4H5E COMPACT	
Sezione minima tecnica:	400 mm ² (2 Conduttore/i per fase:)
Sezione minima utilizzabile in base ai criteri tecnici	VD for this solution 3.09
Sezione ottimale*:	500 mm ² (2 Conduttore/i per fase:)
	VD for this solution 2.52
Risparmi annuali**	
Risparmio in bolletta:	543966.41 €
Risparmio emissioni:	693557.18 kg CO2
<small>* Sezione superiore in base ai criteri di risparmio energetico per resistenza minima considerando il costo energetico 0.40 €/kWh, percentuale di utilizzo medio di 90.00% e emissioni di CO2 equivalenti a 0.51 kg/kWh.</small>	
<small>** Calcolo eseguito</small>	



ARE4H5E 18/30 kV

Applicazioni:

Il cavo rispetta le prescrizioni della norma HD 620 per quanto riguarda l'isolante; per tutte le altre caratteristiche rispetta le prescrizioni della IEC 60502-2.

Caratteristiche e dati dell'installazione	
Metodo base H: Direttamente interrato (unipolare) - MT	
Dettagli installazione ITC-LAT 06 Media tensione	
Sistema di installazione Direttamente interrato (senza tubo)	
Struttura cavo Unipolare	Tipo di sistema elettrico Trifase
Tensione (V) 30000	Fattore di Potenza - Cos Φ 0.99
Corrente di Impiego (A) 655.90	Potenza attiva (kW) 33740.73
Potenza apparente (kVa) 34081.55	Potenza meccanica (kW) (motori) 33740.73
Lunghezza (m) 13500	Caduta di tensione (%) 2.52
Caduta di tensione (V) 756.71	Corrente di cortocircuito (kA) 20
Durata del cortocircuito (sec.) 1	Temperatura ambiente (°C) 20
Esposizione al sole -	Altro coefficiente 1
Distanza tra i circuiti o tubi (m) 0 m	Posizione dei circuiti Non definita
Numero di circuiti / cavi nel sistema 1	Resistività del terreno (cavi interrati) (K·m/W) 1.5
Profondità (cavi interrati) (m) 1	
Sezione per intensità 400 mm ² (2 Conduttore/i per fase:)	
Sezione per cortocircuito 240 mm ² (1 Conduttore/i per fase:)	

VERIFICA CAVI MT IN CORRENTE ALTERNATA, CAVO A 30 kV TRATTI DI COLLEGAMENTO DALLE POWER STATION ALLA CABINA UTENTE

Per i cavi di collegamento tra Cabina Utente e POWER STATION all'interno del Campo FV è stato previsto lo stesso tipo di cavo utilizzato per il cavidotto esterno, ovvero cavi del tipo ARE4H5E 18/30 kV in alluminio o similare (ARG7H1R), sezione 3x2x400mmq. La lunghezza complessiva dell'anello previsto è di circa 4.620m. La massima portata di corrente richiesta 655,90 A, si verifica nel caso peggiore di dover aprire l'anello tra la Power Station N.12 e la Cabina Utente.

Negli elaborati di progetto è allegata la Scheda Tecnica completa del cavo previsto.

Si verifica qui di seguito la congruità dei cavi indicati negli elaborati di progetto. Si verifica quindi la congruità della scelta effettuata per quanto riguarda la portata, la max caduta di tensione ed il valore della corrente di cortocircuito (I^2t sopportabile dal cavo) in corrispondenza del Quadro Elettrico MT a 30 kV all'interno della Cabina Utente.

Il Calcolo di verifica è stato eseguito tramite il programma "Prysmian CableApp", che consente di scegliere tra l'altro anche la tensione di 30 kV.

I dati inseriti sono i seguenti.

-Portata corrente richiesta = 655,90 A. La corrente proveniente da tutte le Power Station sarà sempre inferiore a questo valore.

- Lunghezza della linea = 4.620 m

-Valore della corrente di cortocircuito nel punto di allaccio, Quadro MT all'interno della Cabina Utente < 16 KA.

(Si dimostrerà nel seguito che la corrente di cortocircuito è appunto inferiore ai 16 kA considerati, a favore della sicurezza).

Tempo di intervento delle protezioni per interrompere il cortocircuito = 1 sec (tale valore è a favore della sicurezza)

Con i valori inseriti consegue che con il cavo 3x2x400mmq la caduta di tensione è di 1,06 % e il cavo verifica con margine di sicurezza sia il valore della portata che i valori della corrente di cortocircuito e tempo di intervento delle protezioni.

La caduta di tensione 1,06 % è stata calcolata in modo semplificato ed è a favore della sicurezza. Tale caduta di tensione, infatti, è stata calcolata nelle peggiori condizioni ovvero con anello aperto tra la Power Station 12 e la Cabina Utente e con il carico applicato tutto alla fine dei 4620 m di linea. Nelle normali condizioni di carico, con anello a 30 kV interno al campo FV chiuso, la caduta di tensione non dovrebbe superare lo 0,5%.

Nella pagina seguente è riportata la scheda completa di calcolo.

ARE4H5E COMPACT	
Sezione minima tecnica:	400 mm ² (2 Conduttore/i per fase:)
Sezione minima utilizzabile in base ai criteri tecnici	VD for this solution 1.06
Sezione ottimale*:	500 mm ² (2 Conduttore/i per fase:)
	VD for this solution 0.86
Risparmi annuali**	
Risparmio in bolletta:	186157.4 €
Risparmio emissioni:	237350.68 kg CO ₂
* Sezione superiore in base ai criteri di risparmio energetico per resistenza minima considerando il costo energetico 0.40 €/kWh, percentuale di utilizzo medio di 90.00% e emissioni di CO ₂ equivalenti a 0.51 kg/kWh.	
** Calcolo eseguito	



ARE4H5E 18/30 kV

Applicazioni:

Il cavo rispetta le prescrizioni della norma HD 620 per quantoriguarda l'isolante; per tutte le altre caratteristiche rispetta le prescrizioni della IEC 60502-2.

Caratteristiche e dati dell'installazione	
Metodo base H: Direttamente interrato (unipolare) - MT	
Dettagli installazione ITC-LAT 06 Media tensione	
Sistema di installazione Direttamente interrato (senza tubo)	
Struttura cavo Unipolare	Tipo di sistema elettrico Trifase
Tensione (V) 30000	Fattore di Potenza - Cos Φ 0.99
Corrente di Impiego (A) 655.90	Potenza attiva (kW) 33740.73
Potenza apparente (kVa) 34081.55	Potenza meccanica (kW) (motori) 33740.73
Lunghezza (m) 4620	Caduta di tensione (%) 0.86
Caduta di tensione (V) 258.96	Corrente di cortocircuito (kA) 20
Durata del cortocircuito (sec.) 1	Temperatura ambiente (°C) 20
Esposizione al sole -	Altro coefficiente 1
Distanza tra i circuiti o tubi (m) 0 m	Posizione dei circuiti Non definita
Numero di circuiti / cavi nel sistema 1	Resistività del terreno (cavi interrati) (K·m/W) 1.5
Profondità (cavi interrati) (m) 1	
Sezione per intensità 400 mm ² (2 Conduttore/i per fase:)	
Sezione per cortocircuito 240 mm ² (1 Conduttore/i per fase:)	

MAX CADUTA DI TENSIONE CAVI MT IN CORRENTE ALTERNATA, CAVO A 30 kV TRATTO DI COLLEGAMENTO DALLE POWER STATION ALLA S.E. DI CANCELLO ARNONE (CE)

Nei due paragrafi precedenti è stata calcolata la caduta di tensione in MT relativa ai cavi a 30 kV, sui due tratti in cui si è suddiviso l'intera linea a 30 kV.

-Caduta di tensione cavi di collegamento tra Cabina Utente interna al Campo FV e la S.E. di Canello Arnone (CE) = 3,09%

-Caduta di tensione cavi di collegamento Power Station alla Cabina Utente interna al Campo FV = 1,06 %

Possiamo adesso calcolare la caduta di tensione totale:

$$= 3,09\% + 1,06\% = 4,15\%$$

Vale la pena di ricordare che la caduta di tensione di 1,06% è stata calcolata in modo semplificato ed è a favore della sicurezza. Tale caduta di tensione, infatti, è stata calcolata nelle peggiori condizioni ovvero con anello aperto tra la Power Station 12 e la Cabina Utente e con il carico applicato tutto alla fine dei 4620m di linea. Nelle normali condizioni di carico, con anello a 30 kV interno al campo FV chiuso, la caduta di tensione non dovrebbe superare lo 0,5%.

Si può concludere che la caduta di tensione totale, nelle normali condizioni di funzionamento dell'anello interno al campo FV chiuso, sarà sempre inferiore al 4,15%.

Tale valore del 4,15 % si è calcolato avendo scelto un cavo in MT a 30 kV di alluminio, di sezione 3x2x400mmq.

Tale cavo di sezione 3x2x400mmq è adeguato alla portata massima di corrente possibile pari a 655,90 A producibile dal Campo FV.

Nelle condizioni di posa considerate infatti il cavo interrato da 3x2x400mmq a trifoglio ha una portata superiore ai 655,90 A richiesti anche nelle condizioni peggiorative di resistività del terreno di 2 °C m/W.

Infine, la caduta di tensione del 4,15% può essere compensata in corrispondenza della S.E. di Canello Arnone (CE) agendo sulle regolazioni del trasformatore. Infatti, una possibile scelta del trasformatore elevatore 30/150 kV potrebbe avere le seguenti caratteristiche, potenza 35 MVA e regolazione +/- 10x1,25%.

CALCOLO CORRENTI DI CORTOCIRCUITO

CALCOLO CORRENTE DI CORTOCIRCUITO SULLE SBARRE A 30 kV DEL QUADRO MT A 30 kV DELLA CABINA UTENTE

Lo sviluppo dei calcoli che segue fa riferimento alla Figura 1 riportata qui di seguito. Tale figura è praticamente indispensabile per una chiara comprensione dei calcoli esposti.

In tale figura sono state effettuate delle semplificazioni che porteranno a valori calcolati a favore della sicurezza; in pratica l'anello in MT viene trascurato e si considerano tutte le Power Station collegate direttamente sulle sbarre a 30kV del Quadro MT all'interno della Cabina Utente. Trascurare l'anello a 30 kV di collegamento delle Power Station all'interno del campo FV, significa trascurare l'effetto di attenuazione del cavo sulle correnti di cortocircuito (questo è a favore della sicurezza).

I calcoli che seguono fanno riferimento alla teoria esposta nel libro "Elementi di Progettazione Elettrica" di Piero Vezzani, edizione TNE a cui va un sentito ringraziamento per il lavoro di divulgazione svolto.

Come già detto quanto segue riassume i calcoli svolti per la valutazione della corrente di cortocircuito sulle sbarre a 30kV, in particolare con riferimento alla figura 1, si calcola la corrente di cortocircuito nel punto 3.

Come punto di partenza si ipotizza una corrente di cortocircuito sul quadro in MT a 30 kV nella stazione S.E. di Canello Arnone, punto 2 di figura 1, di 20 kA. Tale ipotesi è a favore della sicurezza.

Avere ipotizzato una corrente di cortocircuito nel punto 2 di figura 1 di 20 kA equivale ad avere immaginato una potenza di cortocircuito pari a :

$$P_{cc2} = 1,732 * 30.000 \text{ V} * 20.000 \text{ A} = 1039 \text{ MVA}$$

Il cavo scelto da 2//400 mmq per ogni fase, in alluminio, ha le seguenti caratteristiche:

$$r = 0,0778 \text{ Ohm/Km (resistenza di linea di un solo cavo da 400mmq)}$$

$$x = 0,110 \text{ Ohm/Km (reattanza di linea di un solo cavo da 400mmq)}$$

$$R = 0,0778/2 \text{ Ohm/Km} * 13,5 \text{ Km} = 0,53 \text{ Ohm (devo dividere per 2 perché sono 2 cavi in parallelo)}$$

$$X = 0,11/2 \text{ Ohm/Km} * 13,5 \text{ Km} = 0,74 \text{ Ohm}$$

quindi l'impedenza dell'intera linea di 13,5 Km è la seguente:

$$Z = \text{Rad}Q (R^2 + X^2) = 0,91 \text{ Ohm}$$

Segue che la potenza di cortocircuito della linea vale:

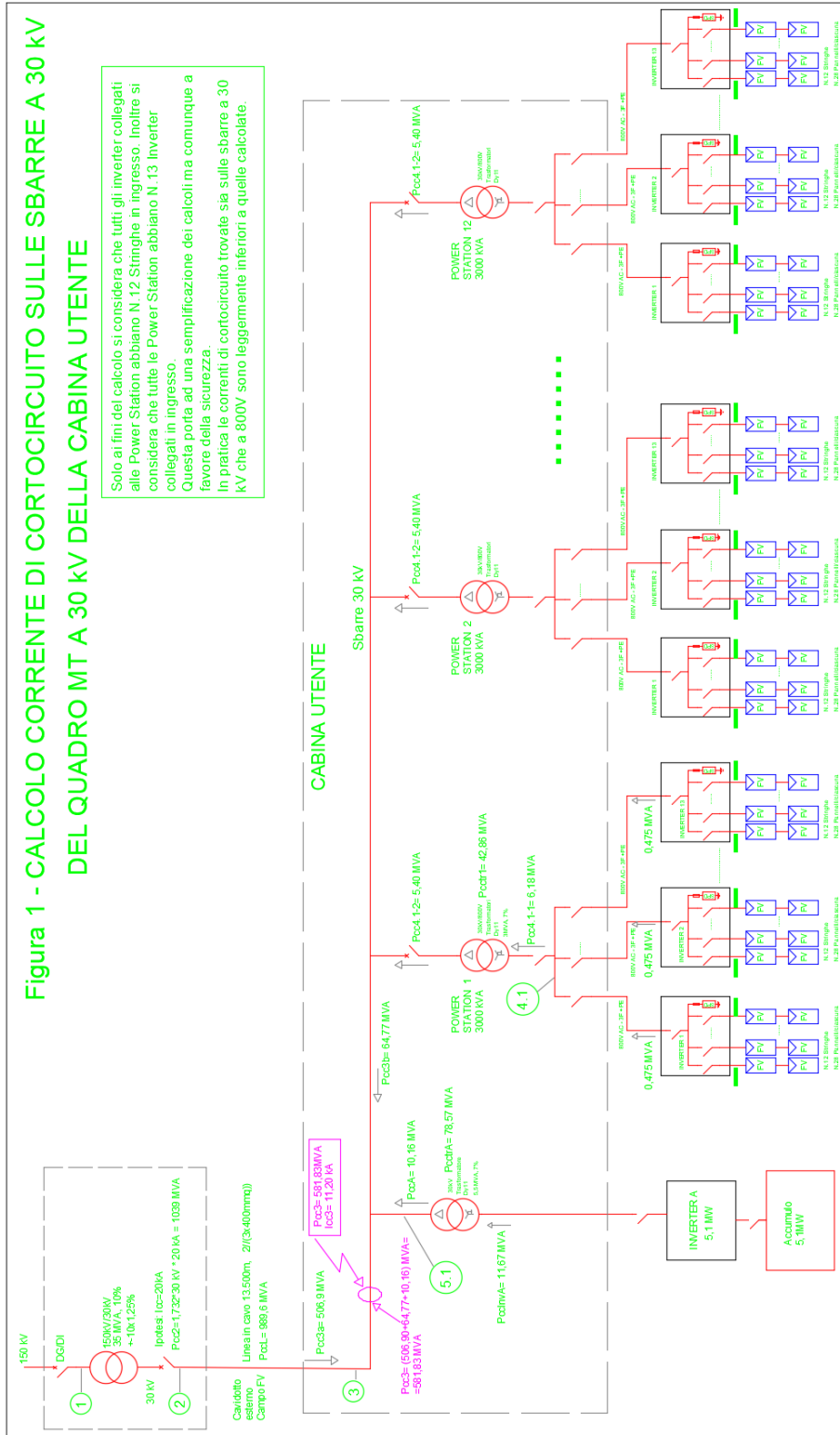
$$P_{ccL} = U^2 / Z = 30.000 * 30.000 / 0,91 = 989,62 \text{ MVA}$$

Si calcola ora la potenza di cortocircuito Pcc3a ovvero la potenza di cortocircuito proveniente dalla S.E, nel punto 3

$$P_{cc3a} = 1 / ((1/P_{cc2}) + (1/P_{ccL})) = 1 / (1/1039 + (1/989,62)) = 506,90 \text{ MVA}$$

Figura 1 - CALCOLO CORRENTE DI CORTOCIRCUITO SULLE SBARRE A 30 kV DEL QUADRO MT A 30 kV DELLA CABINA UTENTE

Solo ai fini del calcolo si considera che tutti gli inverter collegati alle Power Station abbiano N.12 Stringhe in ingresso. Inoltre si considera che tutte le Power Station abbiano N.13 Inverter collegati in ingresso.
Questa porta ad una semplificazione dei calcoli ma comunque a favore della sicurezza.
In pratica le correnti di cortocircuito trovate sia sulle sbarre a 30 kV che a 800V sono leggermente inferiori a quelle calcolate.



Si calcolano ora i contributi alla corrente di cortocircuito dovuta agli inverter e all'accumulo da 5,1 MW.

Gli inverter trasferiscono il loro contributo al cortocircuito sulle sbarre a 30 kV attraverso i trasformatori da 3 MVA delle Power Station.

Caratteristiche dei trasformatori delle Power Station:

$P = 3 \text{ MVA}$

Tensione di cortocircuito percentuale $ucc = 7\%$

Quindi la potenza di cortocircuito di ciascun trasformatore da 3 MVA è:

$$P_{cctri} = (P/ucc) * 100 = (3/7) * 100 = 42,86 \text{ MVA}$$

Ogni inverter previsto ha una $I_{cc}/I_n = 2,09$ e una $I_{cc} = 340 \text{ A}$ (dati forniti dal costruttore), quindi

$$P_{cc \text{ singolo inverter}} = 2,09 * P_{inv} = 2,09 * 225 \text{ kW} * \cos \phi_i = 475 \text{ kVA}$$

Ad ogni Power station sono collegati massimo N.13 Inverter per cui

$$P_{cc \text{ 4.1-1}} = 13 * 475 \text{ kVA} = 6,18 \text{ MVA}$$

Ogni gruppo di N.13 inverter trasferisce questa potenza di cortocircuito sulle sbarre a 30 kV attraverso i trasformatori delle Power Station (da 3MVA), quindi

$$P_{cc \text{ 4.1-2}} = 1 / ((1/P_{cc \text{ 4.1-1}}) + (1/P_{cctri})) = 1 / ((1/6,18) + (1/42,86)) = 6,18 \text{ MVA.}$$

Si può calcolare adesso il contributo alla corrente di cortocircuito sulle sbarre a 30 kV di tutti gli inverter:

$$P_{cc \text{ 3b}} = 12 * 5,40 \text{ MVA} = 64,77 \text{ MVA}$$

Infine, si calcola il contributo alla corrente di cortocircuito sulle sbarre a 30 kV, dell'accumulo da 5,1 MW. Con un procedimento del tutto analogo, utilizzando i dati del sistema di accumulo riportati in figura 1, si trova che:

$$P_{cc \text{ A}} = 10,16 \text{ MVA}$$

Sommando i 3 contributi, ovvero, $P_{cc \text{ 3a}}$, $P_{cc \text{ 3b}}$ e $P_{cc \text{ A}}$ si ottiene il valore desiderato della potenza di cortocircuito nel punto 3, ovvero sulle sbarre a 30 kV:

$$P_{cc \text{ 3}} = P_{cc \text{ 3a}} + P_{cc \text{ 3b}} + P_{cc \text{ A}} = 506,90 + 64,77 + 10,16 = 581,83 \text{ MVA}$$

Da cui si ricava la corrente di cortocircuito desiderata:

$$P_{cc \text{ 3}} = 1,732 * V * I_{cc}$$

$$I_{cc} = P_{cc3} / (1,732 * 30.000) = 11,20 \text{ kA.}$$

Questo valore della corrente di cortocircuito, nelle ipotesi fatte, deve essere considerato per la scelta del Potere di Interruzione del Quadro MT a 30 kV all'interno della Cabina Utente. Per esempio si sceglieranno Quadri MT con Potere di Interruzione di 16 kA.

CALCOLO CORRENTE DI CORTOCIRCUITO SULLE SBARRE A 800 V DEI QUADRI BT A 800 V DELLE POWER STATION

Lo sviluppo dei calcoli che segue fa riferimento alla Figura 2 riportata qui di seguito. Tale figura è praticamente indispensabile per una chiara comprensione dei calcoli esposti.

In tale figura sono state effettuate delle semplificazioni che porteranno a valori calcolati a favore della sicurezza; in pratica l'anello in MT viene trascurato e si considerano tutte le Power Station collegate direttamente sulle sbarre a 30kV del Quadro MT all'interno della Cabina Utente. Trascurare l'anello a 30 kV di collegamento delle Power Station all'interno del campo FV, significa trascurare l'effetto di attenuazione del cavo sulle correnti di cortocircuito (questo è a favore della sicurezza).

Si vuole calcolare adesso la corrente di cortocircuito sulle sbarre in bassa tensione a 800V a bordo di una delle Power Station. Nella figura 2 si considera il punto 4.1 considerando quindi un cortocircuito in bassa tensione per la Power Station N.1. Discorso del tutto analogo ovviamente si potrebbe ripetere per le altre Power Station.

Si utilizzano parte dei calcoli effettuati al paragrafo precedente, in particolare:

$$Pcc3a = 506,90 \text{ MVA}$$

$$PccA = 10,16 \text{ MVA}$$

Alla potenza Pcc3, sulle sbarre in MT a 30 kV, precedentemente calcolata, si deve sottrarre l'apporto degli inverter della Power Station N.1, in quanto questi inverter, adesso, nella circostanza di cortocircuito considerato, danno il loro contributo alla corrente di cortocircuito direttamente in bassa tensione (sulle sbarre a 800V).

Si considera quindi la potenza a monte del trasformatore della power Station N.1 e si indica con Pccx:

$$Pccx = 581,83 - 5,40 = 576,43 \text{ MVA}$$

Dopo semplici passaggi si ricava il valore della potenza di cortocircuito nel punto desiderato, tale potenza è stata indicata con Pccb:

$$Pccb = 46,07 \text{ MVA}$$

quindi

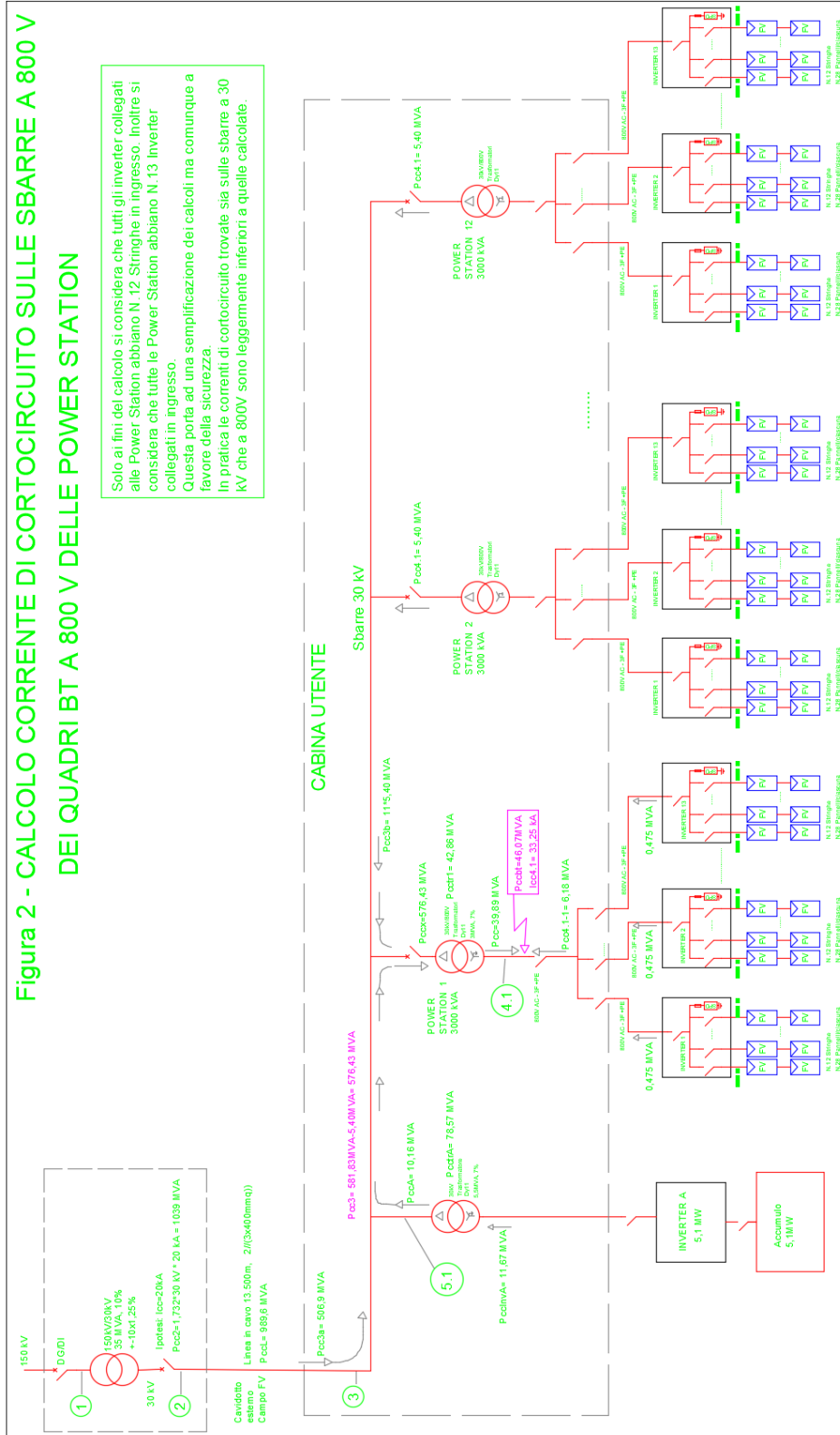
$$Pccb = 1,732 * V * Icc4.1$$

$$Icc4.1 = 46,07 / (1,732 * 800) = 33,25 \text{ kA}$$

Questo valore della corrente di cortocircuito, nelle ipotesi fatte, deve essere considerato per la scelta del Potere di Interruzione dei Quadri BT a 800 V all'interno delle Power Station. Per esempio, si sceglieranno Quadri Elettrici con Potere di Interruzione di 36 o 50 kA.

Figura 2 - CALCOLO CORRENTE DI CORTOCIRCUITO SULLE SBARRE A 800 V DEI QUADRI BT A 800 V DELLE POWER STATION

Solo ai fini del calcolo si considera che tutti gli inverter collegati alle Power Station abbiano N.12 Stringhe in ingresso. Inoltre si considera che tutte le Power Station abbiano N.13 inverter collegati in ingresso.
 Questa porta ad una semplificazione dei calcoli ma comunque a favore della sicurezza.
 In pratica le correnti di cortocircuito trovate sia sulle sbarre a 30 kV che a 800V sono leggermente inferiori a quelle calcolate.



VERIFICA SEZIONE DEL DISPERSORE DI TERRA DELL'IMPIANTO DI TERRA GENERALE

Lo sviluppo dei calcoli che segue fa riferimento alla Figura 3 riportata qui di seguito. Tale figura fa riferimento ad una delle Power Station, ma discorso analogo si può ripetere per qualunque altra delle N.7 previste.

I calcoli che seguono fanno riferimento alla teoria esposta nel libro "Impianti di Terra" di A. Cataliotti, A. Campoccia, edizione TNE a cui va un sentito ringraziamento per il lavoro di divulgazione svolto.

I dispersori e conduttori di terra devono avere una sezione tale da sopportare le sollecitazioni termiche dovute alle sollecitazioni della corrente di guasto.

Per correnti rilevanti è opportuno verificare le sezioni compatibili con il riscaldamento ammissibile a mezzo della formula seguente, valida per correnti interrotte entro 5 secondi.

$$S > (I/K1) * \text{Rad}Q (tF / (\ln((Of+Beta)/(Oi+Beta))))$$

dove:

S= sezione trasversale (mmq)

I = corrente di guasto a terra, valore efficace (A)

tF = durata della corrente di guasto

Oi = temperatura iniziale del dispersore o conduttore di terra

Of = temperatura finale del dispersore o conduttore di terra

Beta= costante del materiale (234,5 per il rame; 202 per l'acciaio)

K1 = costante del materiale (226 per il rame; 78 per l'acciaio)

Nel caso in esame, la max corrente che si può verificare in caso di guasto a terra si avrà per un guasto in bassa tensione sulle sbarre a 800V, come calcolato precedentemente sarà inferiore a 32, 89 kA.

Verifica dispersore di terra costituito dalla corda di rame nudo di sez. 95mmq.

Applicando la formula precedentemente, assumendo Oi= 20°C e Of= 250°C, si ottiene:

$$S > 58 \text{ mmq,}$$

è stata prevista una corda di rame nudo di 95mmq che verifica con ampio margine di sicurezza la formula precedente.

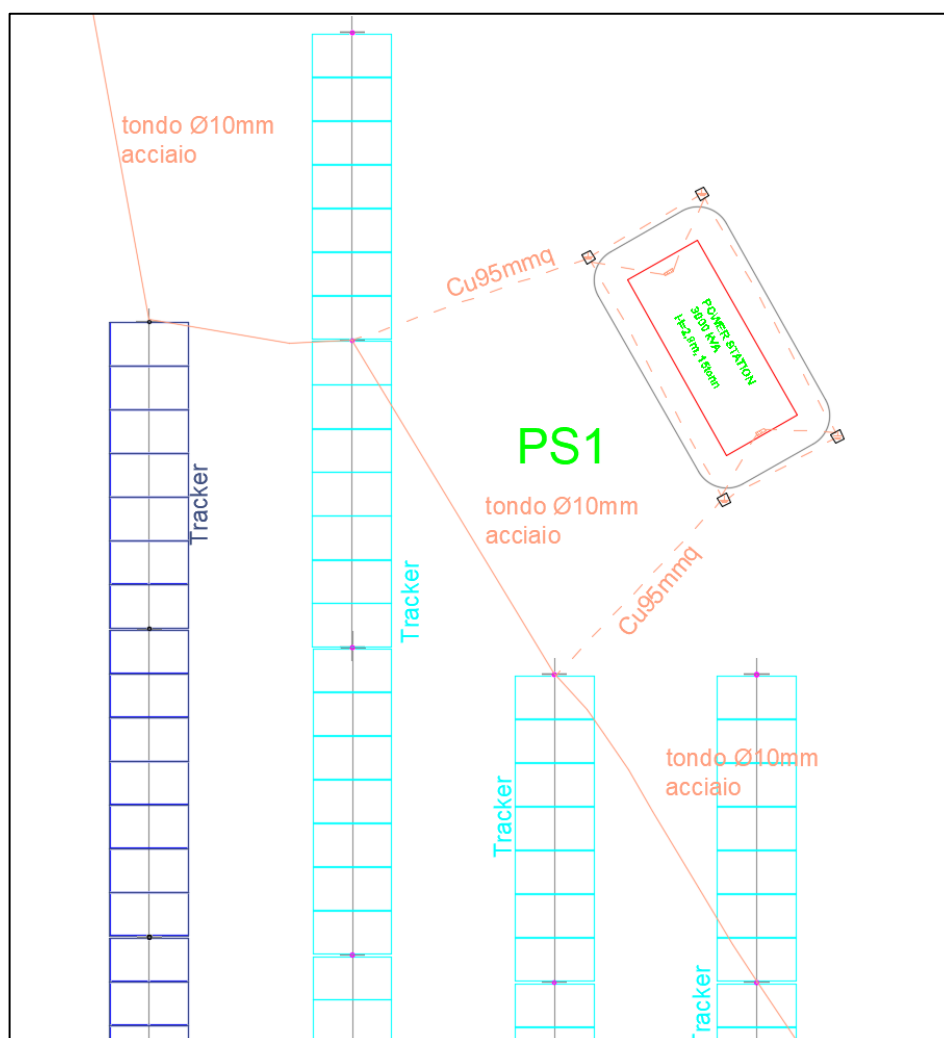
Verifica dispersore di terra costituito dal tondo di acciaio zincato diametro 10mm di sez. 78mmq.

Applicando la formula precedentemente, assumendo Oi= 20°C e Of= 350°C, si ottiene:

S > 140 mmq

In pratica l'impianto di terra generale è stato previsto in modo tale che in caso di guasto a terra che interessa il tondo in acciaio zincato, la corrente di guasto si dividerà almeno in 2 parti; quindi, la sezione del tondo previsto pari a 78mmq verifica la relazione precedente in quanto $2 \cdot 78\text{mmq} = 156\text{mmq} > 140\text{mmq}$.

Inoltre, il centro stella di ogni inverter, installato all'interno del campo fotovoltaico, sarà collegato al collettore di terra di ciascuna Power Station con un cavo da 120mmq; tale cavo quindi in caso di guasto a terra in un punto qualsiasi del Campo Fotovoltaico contribuirà in modo favorevole alla dispersione della corrente di guasto.



Impianto di Terra intorno ad una Power Station